

CONTRIBUCION DE LA FISICA DE SUELOS A LA LUCHA CONTRA LA DEGRACION DEL SUELO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.

FLORENCIO INGELMO SANCHEZ

RESUMEN

Teniendo en cuenta las características peculiares de clima, topografía, geología, suelos y sistemas de manejo en la Comunidad Valenciana, se exponen algunos hechos probados como suficientemente generales en la Física de suelos y algunos de los avances más significativos de dicha disciplina - enmarcando al mismo tiempo aspectos que necesitan ser investigados que, en conjunto encajan en un modelo conceptual de actuación para el control de los procesos de degradación del suelo.

La exposición queda dividida, por consideraciones didácticas, en dos apartados. El primero, más extenso, se dedica al estudio de los procesos hidrológicos y erosivos, implicando a la Física del Suelo en la explicación de algunos comportamientos y mecanismos. En el segundo se exponen los diferentes mecanismos de degradación física que conducen a la compactación del suelo, identificándose las principales causas y las repercusiones.

INTRODUCCION

El paisaje de la Comunidad Valenciana reúne características fisiográficas y geológicas muy contrastadas que quedan reflejadas en la diversidad de sus suelos y de sus climas así como en las diferentes modalidades de manejo de estos recursos (C.O.P.U.T., 1987), destacando en el aspecto dinámico la concentración de la actividad agraria en régimen intensivo en la zona litoral y en la de transición, por debajo de los 400 metros sobre el nivel del mar, y el semiabandono de aquella en régimen de secano en la continental, por encima de dicha cota, junto a la explotación forestal.

Esta zonificación del uso del suelo lleva aparejada la delimitación de la importancia de los procesos de degradación, predominando en la primera los de lixiviación, contaminación

salinización y compactación y en la otra los de erosión hídrica edáfica. Cada uno de estos procesos, considerados aisladamente está relativamente bien estudiado por diferentes disciplinas en cuanto a la ordenación de causas y a la selección de factores de influencia, y los esfuerzos en esta línea de investigación de procesos independientes, se dirigen hacia la obtención de modelos sencillos válidos para la predicción y post-dicción, como señalan, entre otros; HARTGE (1986) y de PLOEY et al. (1984).

Sin embargo, lo que aquí se quiere destacar es la necesidad de un esfuerzo metodológico con enfoque multidisciplinar, que considere el carácter global de la degradación del suelo, como resultado de la dependencia y de las conexiones causa-efecto, que se dan entre los diferentes procesos y subprocesos y la coyuntura actual de desarrollo social y de zonificación del paisaje.

Como una contribución a dicha tarea, el objetivo del trabajo se concreta en la presentación de algunos resultados conseguidos por la Física de Suelos que pueden ser de interés para la aplicación de un modelo conceptual de actuación en la lucha contra la degradación del suelo que, siguiendo las directrices anteriormente señaladas, busca la obtención sistemática de criterios para el uso óptimo de este recurso, y que es una adaptación del que presenta VARALLYAY (1987).

En el cuadro 1 se expone el esquema global de actuación sistemática que, en resumen, parte de la hipótesis de que la degradación del suelo es el resultado de un conjunto de procesos y subprocesos interdependientes que no son consecuencias directa del sistema intensivo de explotación ni desarrollo social sugiriendo la posibilidad de considerar a estas variables externas como efectos, como causas-efectos, o como variables no suficientemente explicadas, que, en esta técnica sistemática, tienen un peso específico determinado en la obtención del criterio óptimo proponiendo a continuación un conjunto de actuaciones que van desde la fase de inventario a la de la obtención de la decisión óptima, pasado por las de ordenación de conocimientos, análisis de causas, selección de factores de influencia, y estudio de las posibilidades económicas para realizar una gestión integrada que evite, modere o elimine los riesgos de degradación global del suelo.

Puede entenderse fácilmente que se trata de un modelo con un enfoque unitario muy amplio y que, por lo tanto, requiere la aportación de conocimientos de diferentes disciplinas científicas y la implicación de organizaciones políticas y sociales que presten el apoyo conveniente para el desarrollo de las propuestas y para el de las tareas necesarias para su extensión mediante programas de formación, sin las cuales, según LAL (1987), queda hipotecada la validez de los esfuerzos realizados en investigación.

A continuación, de acuerdo con el objetivo señalado, se exponen algunos hechos probados (con resultados propios o referenciados) y avances significativos conseguidos en el desarrollo de la Física de Suelos, y se discuten algunos aspectos que necesitan ser investigados con enfoque multidisciplinar, en relación con dos procesos de degradación:

- 1) Erosión hídrica
- 2) Degradación física por Compactación y Sellamiento.

1.- EROSION HIDRICA

Teniendo en cuenta las características contrastadas del medio físico (geología, relieve, clima y suelos), en la Comunidad Valenciana están representados, con diferente grado de intensidad, los distintos tipos de erosión hídrica, desde los más llamativos movimientos en masa, erosión en túnel por flujos subsuperficiales, formación de cárcavas y surcos a los que pasan más desapercibidos como la erosión laminar. En condiciones fijadas de geología, relieve y clima, la ocurrencia y la importancia de estos procesos puede explicarse por las características intrínsecas de los suelos, notablemente, por sus características morfológicas e hidrofísicas y por variables extrínsecas, entre las que destacan las características morfológicas y fenológicas y la distribución espacial de la vegetación, como sistema moderador de los ciclos de materia y energía.

1.1.- Evaluación de características morfológicas e hidrofísicas

En el cuadro 2 (INGELMO et. al., 1986) se recogen las pautas cualitativas de comportamiento físico referentes a aspectos hidrológicos, características de aireación, características térmicas, facilidad de manejo y erosión hídrica de 3 tipos de suelos, bien representados en la Comunidad Valenciana, con grado de evolución creciente, desde Fluvisoles (Fluvents) a Luvisoles (Xeralfs). En esta evaluación se concede especial importancia a la disposición espacial de las clases texturales en el perfil del suelo y se sobreentiende la modulación del comportamiento general por condicionantes de tipo geológico y morfológico (por ejemplo, las interrelaciones entre litología, evolución y manejo y el estado estructural actual de un determinado horizonte en el perfil del suelo). En la parte inferior del cuadro, se recoge también la evaluación cualitativa de los efectos esperados atribuibles a la presencia de dos agentes modificadores: la materia orgánica y la salinidad, destacando el efecto generalmente positivo de la primera y el

negativo de la segunda. En la figura 1, con carácter cuantitativo, se muestra el efecto de la materia orgánica sobre la porosidad del suelo, para diferentes clases texturales, y con carácter cualitativo el efecto positivo o negativo de otros agentes modificadores (por ejemplo, grado de humedad, enraizamiento, pedregosidad y compactación).

1.2.- Estabilidad estructural

Por su repercusión directa en los estudios sobre erosionabilidad del suelo e indirecta en otros procesos de degradación (por ejemplo, lixiviación, contaminación, sellamiento y compactación) se exponen aquí avances conseguidos en la investigación de este parámetro.

En el cuadro 3 (FARRES, 1980) se muestran los factores involucrados en su estudio, distinguiendo los mecanismos que conducen a un determinado estado o dominio de agregación y las variables estáticas y dinámicas que modifican a aquél. Dentro de este esquema, tiene especial importancia como integrador -en cuanto que afecta al conjunto de mecanismos implicados- el nivel y la composición de la materia orgánica del suelo, que actúa como variable estática y modifica al resto de las variables estáticas y dinámicas de forma diferenciada.

En efecto, la materia orgánica que contiene o se añade a un determinado sustrato, por estar sometida a un proceso dinámico de mineralización, afectará de manera selectiva, en función de su propia estabilidad, de sus características químicas y biológicas y de su afinidad de unión al sustrato, en otros aspectos relacionados con la cohesión interna de los agregados, con los procesos de su humectación y con su grado de esponjamiento y aumento de complejidad de su organización interna, implicados todos ellos en los tres principales mecanismos de desagregación:

- a) por estallido;
- b) por impacto o corte;
- c) por microfisuración.

En la figura 2 (a y b) se han recopilado comportamientos referenciados por METZGER et al. (1987), puede observarse que un mismo nivel de materia orgánica, con la misma procedencia (lodos de depuradora) afecta de manera diferenciada a la evolución de la estabilidad de los agregados en agua, según sea la textura del sustrato. Igualmente se observa que dicha evolución es paralela a la de los polisacáridos solubles en agua.

Este comportamiento positivo de los lodos de depuradora deja abierta una línea de investigación aplicable a la regeneración de suelos y a la implantación y establecimiento de vegetación de sustitución en paisajes degradados, por ser una fuente importante y económica de materia orgánica. Hace falta para ello investigar los criterios óptimos de aplicación para evitar el problema de contaminación por metales pesados y otros contaminantes orgánicos e inorgánicos, que se encuentra asociado a estos materiales.

1.3.- Velocidad de infiltración de agua en el suelo

Se trata también de un parámetro que se encuentra implicado en el conjunto de procesos de degradación y en su conocimiento experimental, ordenación de factores de influencia, y modelización, la Física de Suelos ha realizado grandes avances. Respecto a las variables explicativas de su disminución temporal, parece aceptado que las de mayor peso específico son las siguientes:

- 1) Energía cinética de la lluvia que incide en el suelo.
- 2) Rugosidad de la superficie del suelo.
- 3) Conductividad hidráulica saturada del suelo.
- 4) Estabilidad estructural del suelo.
- 5) Conductividad hidráulica insaturada del suelo.
- 6) Capacidad de retención de agua en el suelo.
- 7) Humedad inicial del horizonte superficial y del perfil del suelo.
- 8) Curvas características de humedad de los horizontes del perfil del suelo.
- 9) Nivel de compactación del horizonte superficial.
- 10) Nivel de sellamiento o de agrietamiento del horizonte superficial.
- 11) Nivel de agrietamiento en el perfil del suelo.
- 12) Pedregosidad en la superficie y en el perfil del suelo.

Esta enumeración de variables de influencia no implica ningún orden de prioridad. No se ha considerado aquí el nivel del desarrollo radicular ni la presencia de vegetación estrictamente relacionado con aquellas y cuyo papel modificador será tratado en el siguiente apartado.

Por lo que respecta a su modelización, THORNES (1984) en revisión distingue dos modelos, el modelo de HORTON, válido para intensidades de precipitación altas y el modelo de RUBIN, para valores medios y bajos de aquéllas. En el primero la producción de un exceso de agua en la superficie se alcanza sin que llegue a saturarse con agua más que los primeros centímetros del perfil del suelo. Las variables explicativas importantes son (de las enumeradas anteriormente) 1 a 4 y 1 a 12, siendo la de mayor peso, para un determinado valor de 1, la 3. En el segundo modelo tarda más tiempo en alcanzarse la situación de encharcamiento y el perfil del suelo se va saturando con agua lentamente. Las variables explicativas importantes son 1, y 2, y 4 a 12, siendo las de mayor peso para un determinado valor de 1, las 2,4,5,6,7 y 8.

Lo que interesa destacar aquí es, por una parte, que dadas las características de las precipitaciones en la Comunidad Valenciana con predominio de episodios lluviosos concentrados y de intensidad media, el segundo modelo puede servir como herramienta de predicción, pero teniendo en cuenta que, aunque con menor frecuencia, también ocurren sucesos lluviosos de corta duración y alta intensidad, la modelización debe dirigirse hacia un modelo conjunto, requiriéndose para el mantenimiento de tasas óptimas de infiltración el conocimiento detallado de las variables explicativas implicadas con mayor peso en ambos modelos, cabe remitirse, como aproximación cualitativa, al cuadro 2 para deducir, también aquí, las posibilidades de la adición de enmiendas orgánicas.

Otro aspecto importante en relación con la velocidad de infiltración del agua en el suelo, es su variabilidad espacial directamente implicada en la determinación precisa de la superficie del suelo que contribuye a la producción de escorrentía. En el cuadro 4 se presentan algunos resultados experimentales obtenidos en tres parcelas en la Comunidad Valenciana. Interesa destacar que las observaciones morfológicas, las relativas al estado de compactación y pedregosidad, y las de la humedad del horizonte superficial son determinantes para explicar las variaciones espaciales de este parámetro, dentro de una misma parcela.

Por lo que se refiere al papel que juega la pedregosidad en el control de los procesos hidrológicos y erosivos en pendientes, hemos realizado investigaciones en condiciones controladas con lluvia simulada de las que se deducen (POESEN et al. 1990) comportamientos hidrológicos con direcciones opuestas (Figura 3), dependiendo de que un determinado porcentaje de piedras se encuentre sobre la superficie del suelo o semienterrado (simulando afloramientos rocosos). Dicho comportamiento diferenciado puede explicar en parte la variabilidad de los resultados encontrados en la bibliografía en relación con el efecto de la pedregosidad sobre los procesos erosivos, y, en algunos casos (CHIRINO, 1987) la

que se encuentra en ensayos comparativos realizados en pendientes con diferente tratamiento por ejemplo, pendiente con subsolado lineal y pendiente testigo sin alteración.

1.4.- Ordenación de los efectos de la vegetación en los procesos hidrológicos y erosivos .

Con base en la revisión efectuada por SMITH et al. (1987) hemos realizado el esquema que se muestra en el cuadro 5. En su parte superior se presentan los tres principales mecanismos de reducción de la erosión y de la escorrentía por la acción de la cubierta vegetal, todos ellos interrelacionados y cuya eficacia dependerá de las características fenológicas y morfológicas, según:

- a) Las posibilidades de que los diferentes sistemas radiculares exploren el perfil del suelo salvando los impedimentos mecánicos (compactación en algún horizonte, sellamiento superficial, pedregosidad en el perfil, etc.) y de que durante el desarrollo modifiquen, sobre todo, las características hidrofísicas del primer horizonte del suelo, en orden a que se satisfagan los dos primeros mecanismos.
- b) La estabilidad de la cubierta vegetal y su adecuación a la ocurrencia de los episodios lluviosos, lo cual se conseguirá favoreciendo la diversidad de especies y la complementariedad en sus ciclos fenológicos. Al mismo tiempo el mecanismo tercero se cumplirá mejor con especies de desarrollo rápido (vegetación herbácea y arbustiva) que posean características morfológicas que conduzcan a la maximización de la rugosidad y a la de la intercepción de lluvia y disipación de energía, minimizando la posibilidad de concentración de flujo por escurrimiento fustal y de que la trascolación alcance valores similares de energía cinética a los de caída directa de la precipitación, lo cual, se conseguirá investigando especies con relaciones óptimas de: altura y volumen, configuración espacial y complejidad de las ramas y ramillas de la copa, y esclerofilia e hidrofilia o hidrofobia del fuste y de las hojas, entre otras características).

2.- DEGRADACION FISICA

Es un tipo de degradación menos estudiado que el de la erosión hídrica pero no por ello menos importante; directamente relacionado con él, en cuanto que afecta a la mayor parte de sus variables explicativas, y con las mismas causas principales.

Consiste en la alteración degradativa de la estructura del suelo por acciones climáticas (fundamentalmente, la acción del golpeteo de la lluvia sobre el suelo) y/o antrópicas (manejo en condiciones no adecuadas de humedad y sobrecargas de maquinaria) de manera que en ambos casos se modifican - a veces irreversiblemente - las propiedades mecánicas y físicas (módulo de ruptura, límites de plasticidad y porosidad textural y estructural) dando lugar a la formación de sellamientos en la superficie del suelo (que lógicamente afectan a la infiltrabilidad del agua) y "suelas de labor" (que afectan a la tasa de difusión de oxígeno, fundamentalmente, y, en general a la velocidad de intercambio de gases y a las características hidrológicas).

Lógicamente, las características intrínsecas de los suelos hacen que éstos reaccionen selectivamente ante una misma causa de degradación física. La investigación en este campo se dirige hacia la obtención de índices (PLA, 1989) que sirvan de predictores de comportamientos del suelo en las condiciones determinadas por el clima y el sistema de manejo. Dentro de estas características, el principal peso corresponde a la textura del suelo y al tipo y porcentaje de materia orgánica. Por lo que se refiere a la primera, la mayor parte de los autores coinciden en señalar que los suelos con alto contenido en limos y bajo contenido en arcillas expansibles son los de mayor susceptibilidad a este tipo de degradación. Cabe señalar por lo que se refiere a la Comunidad Valenciana, que este tipo de suelos (Entisoles e Inceptisoles) están ampliamente representados. En cuanto al aumento de la segunda, su papel consiste en la atenuación de la susceptibilidad al sellamiento, como consecuencia del aumento de la cohesión interna y de la estabilidad estructural, cuando se encuentra estabilizada y unida a la fracción fina del suelo, y el aumento de la resistencia a la compresión (por el efecto del golpeteo o por sobrecargas de maquinaria) por el efecto relajador que representa la presencia de materia orgánica (GUERIF, et al. 1979).

De ahí que una de las líneas de investigación en este campo se centre en la búsqueda de los niveles de materia orgánica (ensayando al mismo tiempo diferentes fuentes de aquella para conseguir criterios económicos óptimos de aplicación) que deben mantenerse en cada tipo de suelos para que éste pueda soportar una determinada agresividad climática y un determinado sistema de manejo.

Otra línea de investigación independiente o complementaria de ésta, de amplio desarrollo en la última década es la de no laboreo o laboreo mínimo del suelo.

Finalmente, queremos llamar la atención sobre un efecto que relaciona los dos tipos de degradación expuestos:

En la figura 4 se muestra el mecanismo propuesto por ALDURRAH et al. 1982 para explicar el efecto de golpeteo de la lluvia en la compresión y en el desplazamiento del suelo en dos medios de distinta cohesión. Pero, si bien casi nunca se tiene en cuenta, al mismo tiempo, las partículas de limo que transporta la gota de salpicadura pueden producir el sellamiento de los poros de mayor diámetro del horizonte superficial (por ejemplo bioporos y poros planares de microfisuras) lo que, en suelos con pocas arcillas expansibles, puede dar lugar a degradaciones con carácter irreversible.

3.- BIBLIOGRAFIA

AL-DURRAH, M. & BRADFORD, J. (1982). The mechanism of raindrop splash on soil surfaces. Soil Sci. Soc. Am. J. 46, 1086-1090.

C.O.P.U.T. (1987). El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana. I, 1: El medio natural (pp. 20 - 56). Generalitat Valenciana. Valencia, 1987.

CHIRINO, E. (1987). Problemática de la reforestación en la Comunidad Valenciana: estimación de las pérdidas erosivas producidas por las técnicas usuales de repoblación forestal. Master of Sci. Centro internacional de altos estudios agronómicos mediterráneos, 101 pp. Zaragoza.

de PLOEY, J. & GABRIELS, D. (1984). Medición de la pérdida de suelo y estudios experimentales. En: Erosión de Suelos. Kirkby, M. & Morgan, R. (Eds.), Cap 3, p 93. Limusa, México.

FARRES, P. (1980). Some observations on the stability of soil aggregates to raindrop impact. Catena, 7 (2-3) 223 - 231.

FRANCIS, C., THORNES, J. ROMERO - DIAZ, A., LOPEZ - BERMUDEZ, F. & FISHER, G. (1986). Topographic control of soil moisture, vegetation cover and land degradation in a moisture stressed mediterranean environment. Catena, 13 211 - 225.

GUERIF, J. et FAURE, A. (1979). Role de la matière organique sur le comportement des sols au compactage. Ann. Agron. 30 (5) 387 - 399.

HARTGE, K. (1986). Demands on soils increasing in diversity and intensity. Trans. XIII Congr. I.S.S.S., Hamburg, 13 - 20. August. Plenaty papers, Vol I, 1 - 12.

INGELMO - SANCHEZ, F. y CUADRADO - SANCHEZ, S. (1986). El Agua y el Medio Físico del Suelo. Monografía n° 18, 101 pp. Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (C.S.I.C.). Exma. Diputación Provincial de Salamanca. Salamanca.

LAL, R. (1987). Priorities for research in soil erosion. Trans. XIII Congr. I.S.S.S. Hamburg, 13 - 20 August, 1986. Symposia papers, Vol. V, 451 - 454.

METZGER, L. & YARON, B. (1987). Influence of Sludge Organic Matter on Soil Physical Properties. (In: Adv. in Sol Sci., Vol. 7, 141 - 161; Stewart, B. (Ed). Springer - Verlag, New York, 1987.

PLA, I. (1989). Desarrollo de Indices y Modelos para el Diagnóstico y Prevención de la Degradación de Suelos Agrícolas en Venezuela. Monografía. 56 pp. Premio Agropecuario Banco Consolidado, 1988. Maracay. Venezuela.

POESEN, J., INGELMO - SANCHEZ, F. & MUCHER, H. (1990), The Hydrological Respose of Soil Surfaces to Rainfall as affected by Cover and Position of Rock Fragments in the Toplayer. Eart Surface Processes and Landforms (in press; October, 1990).

SMITH, M., FRYE, W. & VARCO, J. (1987). Legume Winter Cover Crops. In: Adv. in Soil Sci., Vol. 7, 95 - 132; Stewart, B (Ed). Springer - Verlag, New York, 1987.

THORNES, J. (1984). Procesos erosivos de las corrientes de agua y sus controles espaciales y temporales. Un punto de vista tedrico. En: Erosión de Suelos. Kirkoy, M. & Morgan, R. (Eds) Cap 5 , 171 - 175. Limusa. Mexico.

VARALLAYAY, Gy. (1987). Conclusions on Symposium: Soil Structure in fully mechanized cropping systems. Trans. XIII Cong. of the I.S.S.S., Hamburg, 13 - 20 August, 1986. Symposia papers, Vol. V, 328 - 329.

TITULOS DE LOS CUADROS Y DE LAS FIGURAS

CUADRO 1: Modelo conceptual para el estudio de la Degradación Global del Suelo.

CUADRO 2: Características hidrofísicas de tres tipos de suelos.

CUADRO 3: Mecanismos y variables implicadas en la estabilidad de los agregados del suelo.

CUADRO 4: Valores de la tasa de infiltración del agua en tres parcelas de la Comunidad Valenciana.

CUADRO 5: Mecanismos de reducción de la erosión y de la escorrentía por la cubierta vegetal.

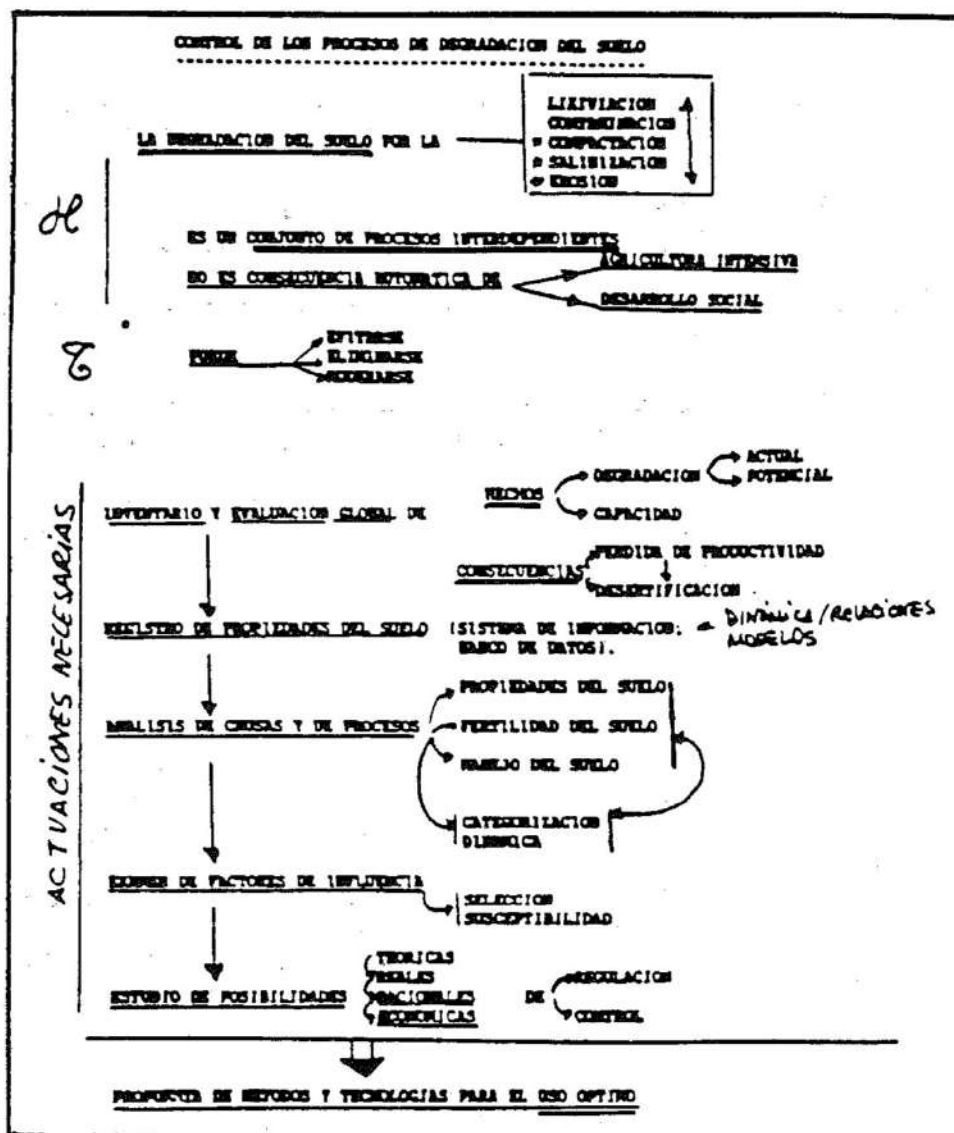
FIGURA 1 : Relaciones entre la clase textural y la porosidad del suelo: Factores de variación. A (o - o): 1% de Materia Orgánica y B (o---o) 5% de Materia Orgánica.

FIGURA 2 A: Evolución de la estabilidad de agregados en agua en tres suelos de distinta textura, durante la incubación a 25° C, después de recibir una dosis de lodos de depuradora del 5%.

FIGURA 2 B: Evolución de la estabilidad de agregados en agua y del contenido de polisacáridos solubles en agua, en dos suelos de distinta textura durante la incubación a 25° C, después de recibir una dosis de lodos de depuradora del 5%. A: textura limofrancosa y B: textura francosa.

FIGURA 3 : Variación del coeficiente de escorrentía en función de la cobertura de piedras en dos posiciones diferentes.

FIGURA 4 : Mecanismo de compresión y corte por cizalladura producido por una gota de agua en dos medios de diferente cohesión. A: cohesión alta. B: Cohesión baja.



Cuadro 2

TIPOLOGIA	DIFERENCIACION CLASIFICATORIA	AGUA				AIRE		OTRAS		
		cantidad de humedad	intensidad de saturación	estructura de la planta	comportamiento	estructura	comportamiento	estructura	comportamiento	comportamiento
FLUVISOL	estructuras arborescentes	Baja (agua arcillosa, % baja) predomina agua gravitacional	Alta (agua arcillosa estructural)	Baja (agua arcillosa estructural y pedregosa)	Alta (agua arcillosa estructural y pedregosa)	Alta	Alta (comportamiento agua estructural)	Casual (estructura de la planta)	Fácil (estructura de la planta y pedregosa)	Alta (por saturación)
CAMBISOLES	estructuras arborescentes	Medio-Baja (agua arcillosa, agua gravitacional)	Medio-Alta (agua arcillosa estructural)	Medio (agua pedregosa)	Medio-Alta (agua pedregosa y arcillosa)	Medio-Alta (estructura)	Medio (comportamiento)	Temperado (estructura)	Fácil (estructura de la planta)	Medio-Alta (por saturación y estructura)
	estructuras arborescentes	Alta (agua arcillosa, predomina agua arcillosa)	Medio (agua arcillosa, agua pedregosa, estructura, estructura y estructura)	Alta (agua arcillosa pedregosa)	Baja (agua arcillosa, agua pedregosa, estructura y estructura)	Medio (agua arcillosa, estructura)	Medio (comportamiento)	Temperado (estructura de la planta, agua arcillosa)	Difícil (estructura de la planta, estructura, No estructura o estructura)	Baja (por saturación, estructura, estructura)
LUVISOL	estructuras arborescentes	Medio-Alta (agua arcillosa y pedregosa, estructura)	Medio-Alta (agua arcillosa estructural y pedregosa, estructura)	Alta (agua pedregosa)	Baja	Alta (agua arcillosa estructural y pedregosa)	Alta (comportamiento, estructura)	Casual	Fácil (estructura de la planta, estructura)	Alta (por saturación y estructura)
Presencia de MATERIA ORGANICA en agua arcillosa		positivo	positivo	positivo	negativo	positivo	positivo	positivo	positivo	negativo
	Presencia de SALINIDAD en agua arcillosa	positivo	negativo	negativo	positivo	negativo	negativo	negativo	negativo	positivo

		TASA DE INFILTRACION DE AGUA (cm/h) Y COEFICIENTE DE POROSIDAD (C.P.) PARA CADA INTERVALO DE TIEMPO (minutos).										CARACTERISTICAS DEL SITIO	
PARCELA	SITIO	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90		
MONTANA	YOMBERTO DE	140	120	94	76	60	52	46	43	45	45	N° de determinaciones: 9, Sitio-1989. Humedad inicial 11.4% (C.V. = 12%). Densidad aparente 1.36 (C.V. 18%). Podredumbre-gravillona: Contenido en pindres (d 10 mm) 10% (C.V. 15%) Sin grillos. Sin sellos.	
	PARCELA	3.9	3.5	4.1	4.1	4.3	3.8	4.1	3.9	2.5	2.0		
OYERS	1	96	76	60	37	49	43	42	42	-	-	N° de determinaciones: 3, Sitio-1989. Con cobertura de coque. Humedad inicial 12.5% (C.V. = 10%). Densidad aparente 1.31 (C.V. 20%). Podredumbre oscura (CS). Sin grillos. Sin sellos.	
	44	4.3	3.5	3.2	2.4	3.3	3.0	2.6	2.6	-	-		
PELEGRIN	2	45	30	16	14	12	12	11	11	11	11	N° de determinaciones: 3, Sitio-1989. Humedad inicial 11.4% (C.V. 12%). Podredumbre oscura (CS). Sin grillos. Con sellado doble (10.5 mm).	
	9	2.2	2.7	2.7	2.3	2.5	2.4	2.3	2.0	2.0	2.0		
JATIVA	1	54	42	30	22	19	17	16	14	14	13	N° de determinaciones: 2, Sitio-1989. Localización filas 6 y 7; columnas 3 y 8. Humedad inicial 21.5% (C.V. = 17%). Densidad aparente 1.49 (C.V. 6%). Podredumbre oscura (5-10%). Sin grillos. Sellado doble y variable (10.5 mm).	
	44	6.0	5.8	4.5	4.3	3.9	4.3	4.2	3.8	3.5	3.5		
MONTANA	2	25	19	12	7	5	4	3	1	0.5	0.5	N° de determinaciones: 2, Sitio-1989. Filas 4 y 5; columnas 3 y 8. Humedad inicial 27.2% (C.V. 12%). Densidad aparente 1.44 (C.V. 1.1%). Podredumbre oscura. Grillos (2-3 mm) ancho: (5-10) cm largo: (10-12) cm de profundidad formando redes de 15 cm de diámetro. Sellado de 1-2 mm de espesor.	
	44	5.7	4.4	3.5	1.5	1.0	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4		
Cresponi	3	4	4	3	2	2	1	0.7	0.5	0.4	0.4	N° de determinaciones: 3, Filas 1, 2 y 3. Columnas 3 y 8. Humedad inicial 37.5% (C.V. 18.5%). Densidad aparente 1.38 (C.V. 31%). Podredumbre oscura. Grillos igual que en sitio 2, pero cerrados. Sellado de (3-4) mm de espesor.	
	44	2	2	1.0	1.3	1.5	1	1	0.3	0.2	0.2		

d = diámetro equivalente
 * Sitios infiltrómetro de anillo simple + infiltrómetro de área confinada entre discos. (Error estimado 1.1 mm).
 ** Sitios infiltrómetro de área confinada entre discos dobles (Error estimado ± 0.2 mm)
 Ref. Bouwer, W. (1986).

Cuadro 4

FACTORES INVOLUCRADOS EN LA ESTABILIDAD
ESTRUCTURAL DE LOS AGREGADOS DE SUELO.
(SEGUN FARRES, P.J., 1980)



Cuadro 3

MECANISMOS DE REDUCCION DE LA EROSION Y DE LA ESCORRENTIA POR LA COBERTA VEGETAL.

1°. MEJORA DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO

- EFECTOS POSITIVOS SOBRE LA ESTABILIDAD Y LA AGREGACION.
- EFECTOS DIRECTOS POSITIVOS SOBRE LA INFILTRACION Y LA RETENCION DEL AGUA.
- EFECTOS INDIRECTOS POSITIVOS SOBRE LA INFILTRACION.
- EFECTOS INDIRECTOS NEGATIVOS SOBRE LA ESCORRENTIA Y LA PERDIDA DE SUELO.

2°. MANEJO DEL CICLO DEL AGUA EN EL SUELO

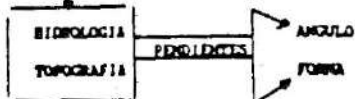
- MAYOR EVAPOTRANSPIRACION.
- MAYOR DESHIDRATACION DEL PERFIL DEL SUELO.
- MEJOR PREPARACION PARA LA CAPTACION DE LAS LLUVIAS CORTAS E INTENSAS (ABSORCION CAPILAR).

3°. MODIFICACION DE LA ENERGIA CINETICA DEL AGUA

- INTERCEPCION Y DISIPACION DE ENERGIA
- MAYOR ROGOSIDAD SUPERFICIAL
- DISMINUCION DE LA ENERGIA DE LA ESCORRENTIA

SI EXISTEN CONDICIONES DE DEFICIT HIDRICO

COMPETICION ENTRE EROSION Y VEGETACION



Cuadro 5

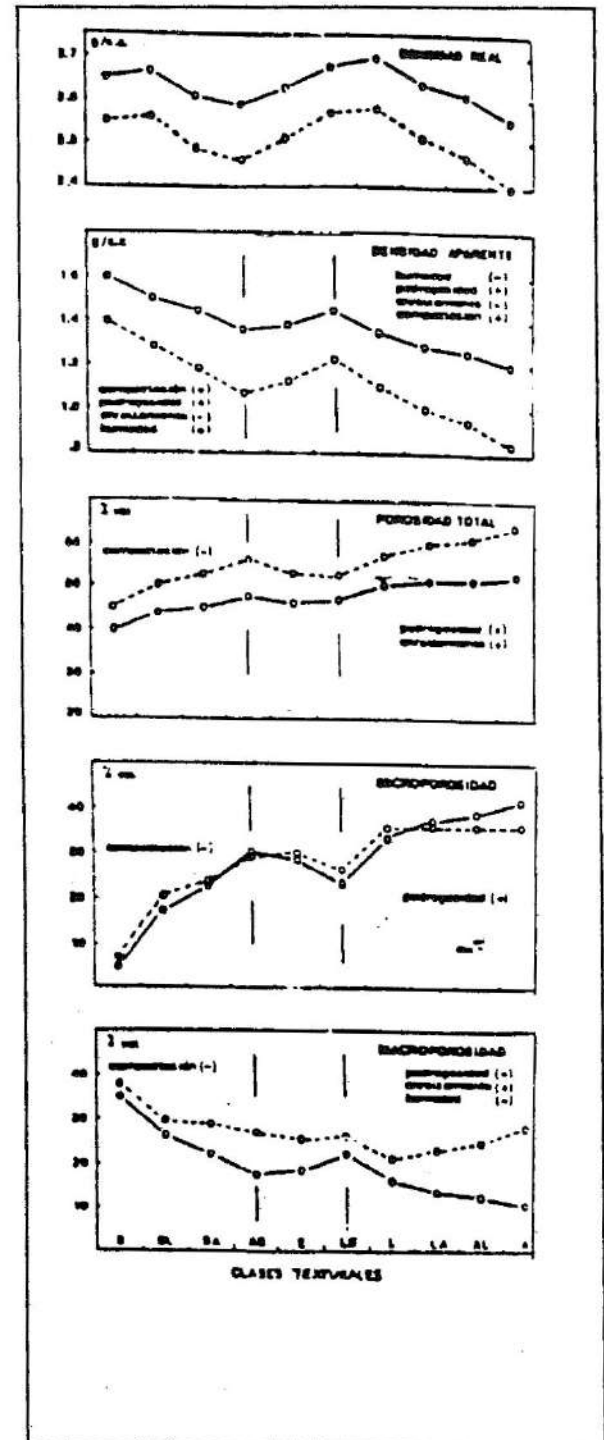


Fig. 1

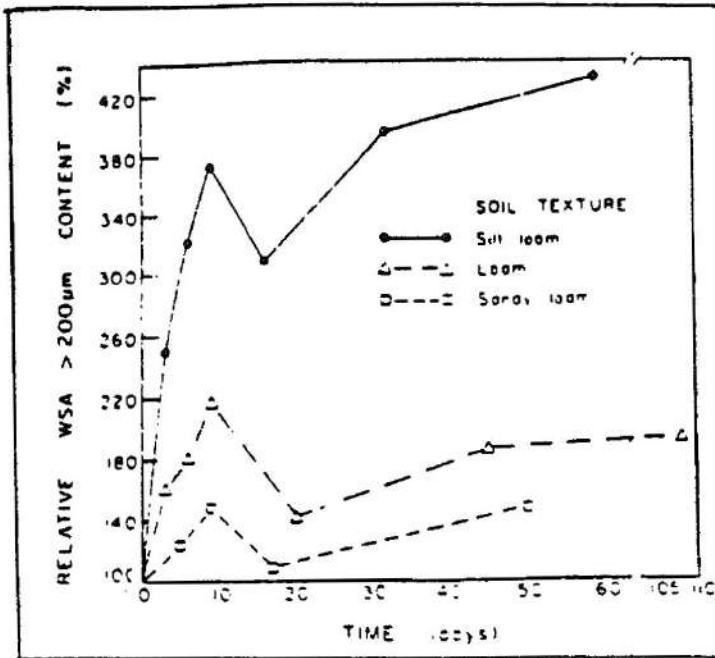


Figura 2a

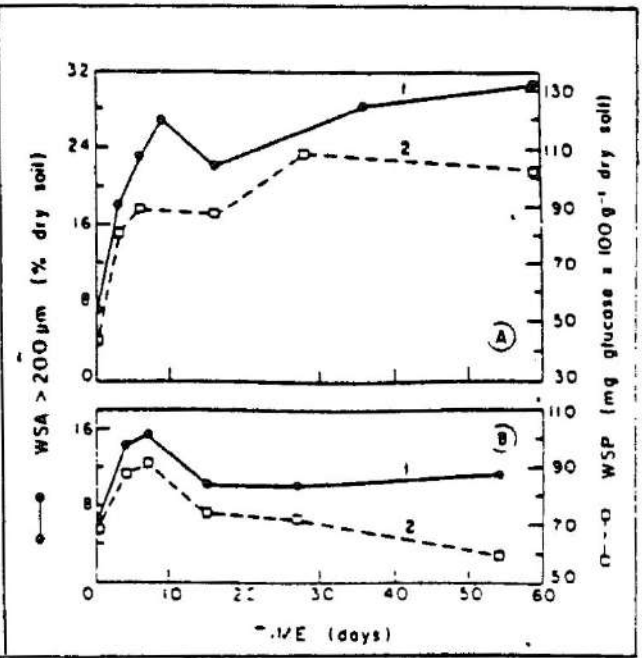


Figura 2b

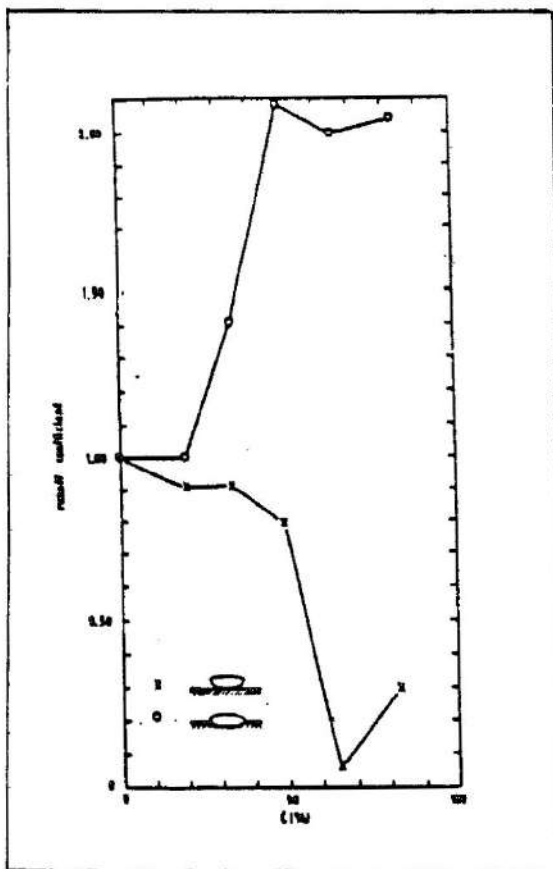


Figura 3

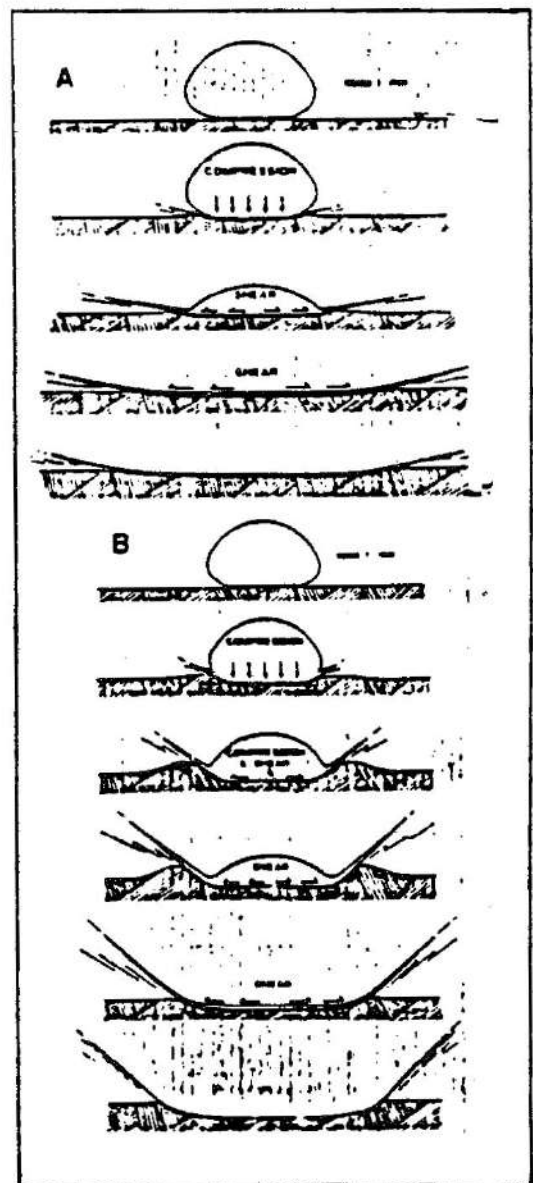


Figura 4